

[Document Name] Specification  
[Title of the Invention] Magnetic Alloy, Magnetic  
Recording Medium, and Magnetic  
Recording and Reproducing  
Apparatus  
[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to Which the Invention Pertains]

The present invention relates to a magnetic alloy, to a magnetic recording medium, and to a magnetic recording and reproducing apparatus incorporating the magnetic recording medium.

[0002]

[Background Art]

The recording density of a hard disk device (HDD), which is a magnetic recording and reproducing apparatus, has increased at a rate of 60% or more per year, and this tendency is expected to continue. Therefore, magnetic recording heads and magnetic recording media which are suitable for attaining high recording density are now under development.

[0003]

Most commercially available magnetic recording media employed in magnetic recording and reproducing apparatuses are of a longitudinal recording type, in which easy-magnetization axes in a magnetic film are oriented horizontally with respect to the substrate. The term "easy-magnetization axis" refers to an axis along which

magnetization occurs easily. In the case of a Co-based alloy, the c axis of a Co hcp structure is an easy-magnetization axis.

[0004]

When recording density is increased in such a longitudinal magnetic recording medium, the per-bit volume of a magnetic layer becomes excessively small, and recording and reproduction characteristics of the medium may deteriorate for reasons of thermal instability. In addition, when recording density is increased, the effect of a diamagnetic field at a recording bit boundary tends to cause an increase in medium noise.

[0005]

In contrast, in a perpendicular magnetic recording medium in which easy-magnetization axes in a magnetic film are oriented generally perpendicular to a substrate, even when recording density is increased, effects attributable to diamagnetic field in the recording bit boundary region are insignificant, and clear bit boundaries are formed, thus enabling noise reduction. Furthermore, even when recording density is increased, reduction in recording bit volume can be suppressed, and thus thermal stability can be enhanced. Therefore, in recent years, a perpendicular magnetic recording medium has become of keen interest, and a medium structure suitable for perpendicular magnetic recording has been proposed.

[0006]

For example, Japanese Patent No. 2615847 discloses a perpendicular magnetic layer having a multi-layer structure including a first layer formed of a magnetic material having a low Co content and a second layer formed of a magnetic material having a high Co content, the second layer being provided atop the first layer. Japanese Patent No. 3011918 discloses a technique similar to that disclosed in the above publication, in which an upper magnetic layer provided atop a lower magnetic layer which is close to a substrate is formed of a magnetic material having a Co content higher than that of the material of the lower magnetic layer and exhibiting high saturation magnetization ( $M_s$ ) and magnetic anisotropy constant ( $K_u$ ), to thereby enhance recording and reproduction characteristics, as well as thermal stability.

[0007]

[Problems to be Solved by the Invention]

In response to demand for magnetic recording media of higher recording density, employment of a single-pole head exhibiting excellent ability to record data onto a perpendicular magnetic layer has been proposed. In order to realize employment of such a head, there has been proposed a magnetic recording medium in which a layer formed of a soft magnetic material (called a "backing layer") is provided between a substrate and a perpendicular magnetic layer serving as a recording layer, to thereby enhance efficiency in magnetic flux flow between the single-pole head and the medium.

[0008]

However, the aforementioned magnetic recording medium in which a backing layer is simply added is not satisfactory in terms of recording and reproduction characteristics, thermal stability, and recording resolution, and thus demand has arisen for a magnetic recording medium which is excellent in terms of these characteristics.

[0009]

In order to enhance thermal stability, a magnetic alloy employed in a perpendicular magnetic layer is required to have a high magnetic anisotropy constant ( $K_u$ ). This is because easy-magnetization axes in the magnetic layer must be oriented perpendicular to the surface of the layer, for the purpose of improving recording and reproduction characteristics.

[0010]

In order to improve recording and reproduction characteristics, the magnetic layer must be epitaxially grown on an undercoat layer such that lattice matching is established between the undercoat layer and the magnetic layer, and such that easy-magnetization axes are oriented perpendicular to the surface of the magnetic layer. In order to reduce noise in recorded/reproduced waveforms, magnetic grains must be magnetically separated from one another, and therefore, the magnetic layer must be formed of a material in which elements that segregate at the magnetic grain boundary are barely intermingled with magnetic elements.

[0011]

[Means for Solving the Problems]

In order to solve the aforementioned problems, the present inventors have performed extensive studies, and consequently have developed a magnetic alloy, a magnetic recording medium, and a magnetic recording and reproducing apparatus incorporating the medium, which are described below. Accordingly, the present invention provides the following.

[0012]

(1) A magnetic alloy comprising Pt in an amount of 40 at% to 60 at%, and at least two 3d transition metal elements, characterized in that the total amount of the 3d transition metal elements falls within a range of 60 at% to 40 at%, and the average number of valence electrons in the respective 3d transition metal elements as calculated on the basis of the compositional proportions of the elements falls within a range of 7.5 to 9.

[0013]

(2) A magnetic alloy according to (1), which has an order parameter (S) of 0.5 to 1 as calculated from the following formula:

$$S = \left\{ \frac{F(002)}{F(001)} \right\}^2 \times \left\{ \frac{L(002)}{L(001)} \right\} \times \left\{ \frac{A(002)}{A(001)} \right\} \times \left\{ \frac{I(001)}{I(002)} \right\}^{1/2}$$

(wherein F(plane direction), L(plane direction), A(plane direction), and I(plane direction) represent the structure factor, Lorentz factor, absorption factor, and integration intensity as measured through X-ray diffractometry ( $\theta/2\theta$ ) of

the magnetic alloy in the corresponding plane direction, respectively).

[0014]

(3) A magnetic alloy according to (1) or (2), which has a magnetic anisotropy constant ( $K_u$ ) of  $8 \times 10^5$  J/K to  $2 \times 10^7$  J/K.

[0015]

(4) A magnetic recording medium comprising a substrate, a soft magnetic layer, a perpendicular magnetic layer, and a protective layer, the layers being provided atop the substrate, characterized in that the perpendicular magnetic layer contains a magnetic alloy as recited in any one of (1) through (3).

[0016]

(5) A magnetic recording and reproducing apparatus comprising a magnetic recording medium as recited in (4), and a magnetic head for recording of data onto the medium and for reproduction of the data therefrom.

[0017]

[Modes for Carrying Out the Invention]

A characteristic feature of the magnetic alloy of the present invention resides in that the alloy contains Pt in an amount of 40 at% to 60 at%, and at least two 3d transition metal elements, wherein the total amount of the 3d transition metal elements falls within a range of 60 at% to 40 at%, and the average number of valence electrons in the respective 3d transition metal elements as calculated on the basis of the

compositional proportions of the elements falls within a range of 7.5 to 9.

[0018]

According to the present invention, a magnetic alloy having high  $K_u$  is obtained. When the magnetic alloy is employed in a perpendicular magnetic layer of a magnetic recording medium, lattice strain between the perpendicular magnetic layer and a soft magnetic layer can be reduced.

[0019]

The magnetic alloy of the present invention may contain, in addition to Pt and the 3d transition metal elements, an element which exerts an auxiliary effect on the alloy.

[0020]

The 3d transition metal elements incorporated in the magnetic alloy of the present invention are specifically Cr, Mn, Fe, Co, Ni, and Cu. The number of valence electrons in each of these 3d transition metal elements refers to the number of electrons in the 3d and 4s orbitals of the element. The valence electron numbers of Cr, Mn, Fe, Co, Ni, and Cu are 6, 7, 8, 9, 10, and 11, respectively.

[0021]

A characteristic feature of the magnetic alloy of the present invention resides in that the alloy contains two or more of these 3d transition metal elements. When the compositional proportions of the 3d transition metal elements are varied in consideration of the number of valence electrons, to thereby vary the lattice constant of the

magnetic alloy, a lattice spacing which is most suitable for epitaxial growth can be obtained. In a magnetic recording medium, in order to magnetically segregate magnetic grains from one another, a non-magnetic substance which does not form a complete solid solution together with a magnetic substance for forming a magnetic layer is incorporated into the magnetic layer, so that the non-magnetic element is precipitated at the boundary between the magnetic grains. The effect obtained by this precipitation is determined by interaction between the elements constituting the magnetic alloy and the non-magnetic element. In the magnetic alloy of the present invention, the total amount of the 3d transition metal elements preferably falls within a range of 60 at% to 40 at%, more preferably 55 at% to 45 at%.

[0022]

When the total amount of the 3d transition metal elements exceeds 60 at%, the structure of the magnetic alloy changes from  $L1_0$  to  $L2_1$ , whereby the magnetic anisotropy constant ( $K_u$ ) thereof is lowered. In contrast, when the total amount of the 3d transition metal elements is less than 40 at%,  $K_u$  is lowered in accordance with an increase in the Pt content.

[0023]

In the magnetic alloy of the present invention, the average number of valence electrons in the respective 3d transition metal elements as calculated on the basis of the compositional proportions of the elements preferably falls



within a range of 7.5 to 9, more preferably 7.8 to 8.5. The average number of valence electrons in the respective 3d transition metal elements is calculated as follows. For example, in the case of a  $\text{Pt}_{60}\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{20}$  alloy (" $\text{Pt}_{60}\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{20}$ " indicates that the alloy contains Pt (60 at%), Fe (20 at%), and Ni (20 at%), the same convention shall apply hereinafter), the alloy contains Fe and Ni (i.e., 3d transition metal elements) at a ratio of 1 : 1, and thus the average number of valence electrons is 9. In the case of a  $\text{Pt}_{60}\text{Fe}_{20}\text{Co}_{20}$  alloy, the average number of valence electrons is 8.5, and, in the case of a  $\text{Pt}_{60}\text{Fe}_{30}\text{Co}_{10}$  alloy, the average number of valence electrons is 8.25.

[0024]

In the magnetic alloy of the present invention, when the average number of valence electrons in the respective 3d transition metal elements as calculated on the basis of the compositional proportions of the elements is less than 7.5 or more than 9, high Ku value fails to be obtained.

[0025]

The magnetic alloy of the present invention preferably has an order parameter (S) of 0.5 to 1, more preferably 0.8 to 1, as calculated from the following formula (2). When the order parameter (S) is less than 0.5, high Ku value fails to be obtained. The order parameter is calculated through the below-described procedure. The upper limit of the order parameter (S) is 1.

$$S = \{ \{ F(002)^2 / F(001)^2 \} \times \{ L(002) / L(001) \} \} \times$$

$$\{A(002)/A(001)\} \times \{I(001)/I(002)\}^{1/2} \cdot \cdot \cdot (2)$$

(wherein F(plane direction), L(plane direction), A(plane direction), and I(plane direction) represent the structure factor, Lorentz factor, absorption factor, and integration intensity as measured through X-ray diffractometry ( $\theta/2\theta$ ) of the magnetic alloy in the corresponding plane direction, respectively). Table 1 shows atomic scattering factor, Lorentz factor, and mass absorption coefficient ( $\mu/\rho$ ), which are employed for actual calculation. These values were measured through X-ray diffractometry employing Cu-K $\alpha$  rays as an X-ray source.

[0026]

The structure factor is represented by the following formulas:

$$F(001) = f((3d \text{ transition metal element})_{001}) - f(\text{Pt}_{001})$$

$$F(002) = f((3d \text{ transition metal element})_{002}) + f(\text{Pt}_{002})$$

(wherein  $f$  represents an atomic scattering factor). In these formulas,  $f((3d \text{ transition metal element})_{001})$  and  $f((3d \text{ transition metal element})_{002})$  refer to the average of the atomic scattering factors of the 3d transition metal elements contained in the magnetic alloy. For example, when the alloy contains Fe and Co at a ratio of 2 : 1,  $f((3d \text{ transition metal element})_{001})$  and  $f((3d \text{ transition metal element})_{002})$  are obtained by use of the following formulas.

$$f((3d \text{ transition metal element})_{001}) = \{f(\text{Fe}_{001}) \times 2 + f(\text{Co}_{001}) \times 1\}/3$$

$$f((3d \text{ transition metal element})_{002}) = \{f(\text{Fe}_{002}) \times 2 +$$

$f(\text{Co}_{002}) \times 1)/3$

[0027]

L(001) and L(002) are Lorentz factors, and are represented by the following formula:

$$L(\text{plane direction}) = (1 + \cos^2 2\theta / \sin 2\theta).$$

In the case of a perpendicular recording medium, the easy-magnetization axes must be oriented in a vertical direction. The Lorentz factors can be employed as the  $\theta/2\theta$  measurement values of a perpendicular recording medium. Since these values are almost the same between elements, the values shown in Table 1 are employed.

[0028]

A(001) and A(002) are absorption factors, and are represented by the following formula:

$$A(\text{plane direction}) = 1 - \exp(-2\mu d / \sin \theta)$$

(wherein  $\mu$  represents a linear absorption coefficient, and  $d$  represents a thickness (unit: cm)).

[0029]

The  $\mu$  value of the alloy is obtained by use of mass absorption coefficient ( $\mu/\rho$ ) shown in Table 1, so as to reflect the mass ratio on the  $\mu$  value as described below.

[0030]

$$\mu_{\text{Alloy}} = \rho_{\text{Alloy}} [w_1(\mu/\rho)_1 + w_2(\mu/\rho)_2 + \dots]$$

(wherein  $\mu_{\text{Alloy}}$ ,  $\rho_{\text{Alloy}}$ ,  $w_1$ , and  $(\mu/\rho)_1$  represent the linear absorption coefficient of the alloy, the density of the alloy, the mass% of alloy 1, and the mass absorption coefficient of alloy 1, respectively). Change in  $\theta$  value with different

alloys has little effect on the A value, and thus a  $\theta$  value (11.9°) was employed.

[0031]

The magnetic alloy of the present invention preferably has a magnetic anisotropy constant ( $K_u$ ) of  $8 \times 10^5$  J/K to  $2 \times 10^7$  J/K. When  $K_u$  falls within the above range, the magnetic alloy can be employed as a promising permanent magnet material. In addition, when the magnetic alloy is employed in a magnetic recording medium, the medium exhibits enhanced thermal stability.

[0032]

$K_u$  is calculated through the following procedure.

- (1) A magnetic film (thickness: 50 nm (500 Å)) is formed on an MgO single crystal substrate (plane direction (100)).
- (2) A torque curve is obtained by use of a torque magnetometer under application of a magnetic field of 10 kOe (1 Oe = about 79 A/m), 15 kOe, 20 kOe, 25 kOe, or 30 kOe, and the thus-obtained curve is subjected to Fourier series expansion, to thereby obtain a  $\sin 2\alpha$  value (wherein  $\alpha$  represents an angle formed between the direction of the applied magnetic field and an easy-magnetization axis).
- (3) The thus-obtained value is plotted against the reciprocal of the applied magnetic field, and, in order to obtain a magnetic torque value during the course of application of infinite magnetic field, the y-axis intercept ( $L$ ) is obtained.
- (4) Saturated magnetic flux density ( $M_s$ ) is obtained from a magnetization curve obtained by use of a vibrating sample

magnetometer (VSM).

(5)  $K_u$  is calculated by use of the following formula:  $K_u = 2\pi Ms^2 + L$ .

[0033]

In the aforementioned calculation procedure, when the intensity of the applied magnetic field is increased; i.e., when hard-magnetization axes are oriented in a magnetization direction, and more accurate measurement is performed, the  $L$  value tends to become large, and the thus-obtained  $K_u$  value is considered to become lower than the real value.

[0034]

In a magnetic recording medium including a substrate, a soft magnetic layer, a perpendicular magnetic layer, and a protective layer, the layers being provided atop the substrate, preferably, the perpendicular magnetic layer is formed of the magnetic alloy of the present invention. When the perpendicular magnetic layer is formed of the magnetic alloy of the present invention, the resultant magnetic recording medium exhibits enhanced thermal stability.

[0035]

The magnetic recording medium containing the magnetic alloy of the present invention preferably constitutes a magnetic recording and reproducing apparatus together with a magnetic head for recording of data onto the medium and for reproduction of the data therefrom. The magnetic recording and reproducing apparatus incorporating the magnetic recording medium containing the magnetic alloy of the present

invention exhibits enhanced thermal stability and considerably high recording density.

[0036]

[Examples]

(Examples 1 through 5)

A magnetic film was formed on the surface of an MgO single crystal substrate (plane direction (100)) by use of an electron beam evaporation apparatus. The temperature of the substrate was regulated to 500°C, and the thickness of the film was regulated to 500 Å.

[0037]

Magnetic characteristics of the thus-formed magnetic film were measured. The order parameter (S) was measured through X-ray diffractometry ( $\theta/2\theta$ ), and Ku was calculated by use of a torque magnetometer (applied maximum magnetic field: 30 kOe). The measurement results are shown in Table 2.

[0038]

(Comparative Examples 1 through 3)

In a manner similar to that of Examples, a pure Co film was formed, and magnetic characteristics of the film were measured. The measurement results are shown in Table 2.

[0039]

[Table 1]

hkl	$f(\text{Pt}_{hkl})$	$f(\text{Cr}_{hkl})$	$f(\text{Mn}_{hkl})$	$f(\text{Fe}_{hkl})$	$f(\text{Co}_{hkl})$	$f(\text{Ni}_{hkl})$	$f(\text{Cu}_{hkl})$
001	71.0	20.1	20.2	22.3	23.3	24.2	24.8
002	61.3	15.5	15.6	17.8	18.6	19.5	19.6

hkl	$L(hkl)$
001	4.55

002	1.90
-----	------

	A(CrPt <sub>hkl</sub> )	A(MnPt <sub>hkl</sub> )	A(FePt <sub>hkl</sub> )	A(CoPt <sub>hkl</sub> )	A(NiPt <sub>hkl</sub> )	A(CuPt <sub>hkl</sub> )
$\mu/\rho$	3.1E+03	3.3E+03	3.3E+03	3.5E+03	2.5E+03	2.4E+03

[0040]

[Table 2]

	Composition	Valence electron number	S	Ku (J/K)
Example 1	Cr12Fe36Pt52	7.55	0.85	$2.1 \times 10^6$
Example 2	Fe25Co30Pt45	8.55	0.65	$2.4 \times 10^6$
Example 3	Fe38Co10Ni5Pt47	8.38	0.7	$3.8 \times 10^6$
Example 4	Mn4Fe32Co10Cu4Pt50	8.36	0.88	$1.6 \times 10^6$
Comparative Example 1	Ni50Pt50	10	0.7	0
Comparative Example 2	Cr25Fe25Pt50	7	0.63	0
Comparative Example 3	Co25Ni25Pt50	9.5	0.6	$3.0 \times 10^5$
Example 5	Cr12Fe38Pt50	7.5	0.4	$3.2 \times 10^5$

[0041]

[Effects of the Invention]

Employment of the magnetic alloy of the present invention can provide a permanent magnet material exhibiting excellent magnetic characteristics, as well as a magnetic recording and reproducing apparatus exhibiting enhanced thermal stability and considerably high recording density.

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q71333

Takao SUZUKI, et al.

Appln. No.: 10/698,242

Group Art Unit: 1742

Confirmation No.: 4750

Examiner: Not yet assigned

Filed: July 29, 2003

For: MAGNETIC ALLOY, MAGNETIC RECORDING MEDIUM, AND MAGNETIC  
RECORDING AND REPRODUCING APPARATUS

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to  
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to  
acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

*Sheldon I. Landsman*  
Sheldon I. Landsman  
Registration No. 25,430  
*Reg. No. 26,577*

Enclosure: Priority Document - JP 2002-219084

Date: December 29, 2003





Inventor: Takao SUZUKI, et al  
MAGNETIC ALLOY, MAGNETIC RECORDING  
MEDIUM, AND MAGNETIC RECORDING AND  
REPRODUCING APPARATUS  
Filing Date: July 29, 2003  
SUGHRUE Reference No.: Q71333  
SUGHRUE Telephone No.: 202-293-7060

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    7 月 2 9 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 1 9 0 8 4  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 2 - 2 1 9 0 8 4 ]

出      願      人  
Applicant(s):                      学校法人トヨタ学園  
昭和電工株式会社

2 0 0 3 年    7 月 2 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 11H140240

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/66

【発明者】

【住所又は居所】 名古屋市天白区久方 2-12-1 学校法人トヨタ学園  
内

【氏名】 鈴木 孝雄

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電工エイチ・デ  
ィー株式会社内

【氏名】 金澤 博

【特許出願人】

【識別番号】 592032636

【氏名又は名称】 学校法人トヨタ学園

【特許出願人】

【識別番号】 000002004

【住所又は居所】 東京都港区芝大門 1-13-9

【氏名又は名称】 昭和電工株式会社

【代理人】

【識別番号】 100118740

【住所又は居所】 東京都港区芝大門 1-13-9

【氏名又は名称】 柿沼 伸司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010227

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0102656

【ブルーフの要否】 要

## 【書類名】明細書

【発明の名称】磁性合金、磁気記録媒体、および磁気記録再生装置

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】Ptを40at%～60at%の範囲内で含み、3d遷移金属元素を2種類以上含み、3d遷移金属元素の合計の含有量が60at%～40at%の範囲内であり、3d遷移金属元素中の、各元素の価電子数の平均が、含有比率による平均で7.5～9の範囲内であることを特徴とする磁性合金。

【請求項2】下記式(1)から得られる規則度Sが、0.5～1の範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の磁性合金。

$$S = [ \{ F(002)^2 / F(001)^2 \} \times \{ L(002) / L(001) \} \times \{ A(002) / A(001) \} \times \{ I(001) / I(002) \} ]^{1/2} \quad \text{式(1)}$$

式(1)中の、F(面方位)、L(面方位)、A(面方位)、I(面方位)は、それぞれ各面方位における磁性合金の、構造因子、ローレンツ因子、吸収因子、X線回折( $\theta/2\theta$ )による積分強度を示す。

【請求項3】磁気異方性定数Kuが、 $8 \times 10^5 \text{ J/K} \sim 2 \times 10^7 \text{ J/K}$ の範囲内であることを特徴とする請求項1または2に記載の磁性合金。

【請求項4】基板上に、軟磁性層、垂直磁性層、保護層を含む磁気記録媒体において、垂直磁性層が請求項1～3の何れか1項に記載の磁性合金を含むことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項5】請求項4に記載の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドを備えた磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、磁性合金、磁気記録媒体、および磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

磁気記録再生装置の1種であるハードディスク装置(HDD)は、現在その記録密度が年率60%以上で増えており今後もその傾向は続くと言われている。その為、高記録密度に適した磁気記録用ヘッドの開発、磁気記録媒体の開発が進められている。

## 【0003】

現在、市販されている磁気記録再生装置に搭載されている磁気記録媒体は、主に、磁性膜内の磁化容易軸が基板に対して水平に配向した面内磁気記録媒体である。ここで磁化容易軸とは、磁化の向き易い軸のことであり、Co基合金の場合、Coのhcp構造の、c軸方向のことである。

## 【0004】

このような面内磁気記録媒体では、高記録密度化すると記録ビットの、1ビットあたりの磁性層の体積が小さくなりすぎ、熱揺らぎ効果により記録再生特性が悪化する可能性がある。また、高記録密度化した際に、記録ビット間の境界領域で発生する反磁界の影響により媒体ノイズが増加する傾向がある。

## 【0005】

これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にも、記録ビット間の境界領域における反磁界の影響が小さく、鮮明なビット境界が形成されるため、ノイズの増加が抑えられる。しかも、高記録密度化に伴う記録ビット体積の減少が少なくてすむため、熱揺らぎ効果にも強い。そこで、近年大きな注目を集めており、垂直磁気記録に適した媒体の構造が提案されている。

## 【0006】

例えば、特許2615847号公報では、垂直磁性層をCo含有量の少ない磁性材料、Co含有量の多い磁性材料の順で連続して積層した構造とすることが提案されている。同様な手法として特許3011918号公報では、基板側に近い下層側の磁性層の材料よりも、相対的にCo含有量が多く、飽和磁化(Ms)および磁気異方性定数(Ku)が大きい磁性材料を上層として積層させることによ

り、記録再生特性の向上と熱揺らぎ特性とを両立させることが提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

磁気記録媒体の更なる高記録密度化が要望に対して、垂直磁性層に対する書きこみ能力に優れている単磁極ヘッドを用いることが検討されている。そのようなヘッドに対応するために、記録層である垂直磁性層と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる層を設けることにより、単磁極ヘッドと、磁気記録媒体の間の、磁束の出入りの効率を向上させた磁気記録媒体が提案されている。

【0008】

しかしながら、上記のように単に裏打ち層を設けた磁気記録媒体を用いた場合では、記録再生時の記録再生特性や、熱揺らぎ耐性、記録分解能において満足できるものではなく、これら特性に優れる磁気記録媒体が要望されていた。

【0009】

とりわけ垂直磁性層に用いられる磁性合金としては、熱揺らぎ耐性を高めるため、磁気異方性定数 ( $K_u$ ) が大きい磁性合金が求められている。即ち、記録再生特性向上の為、磁化容易軸方向が膜面垂直方向に配向しなければならないのである。

【0010】

その為には、下地層格子間隔と磁性層原子の格子間隔が揃い容易軸方向が膜面垂直方向に向いたエピタキシャル成長を誘起する必要がある。また記録再生波形の低いノイズ化の為、個々の磁性粒子を磁気的に分離する必要があり、磁性粒子界面に偏析させる元素と磁性元素とは互いに混ざり難い材料を選択する必要がある。

【0011】

【課題を解決する手段】

本発明者は上記課題を解決すべく鋭意努力検討した結果、以下に示す磁性合金、磁気記録媒体、および磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に到達した。すなわち本発明は以下に関する。

【0012】

(1) Pt を 40 at % ~ 60 at % の範囲内で含み、3d 遷移金属元素を 2 種類以上含み、3d 遷移金属元素の合計の含有量が 60 at % ~ 40 at % の範囲内であり、3d 遷移金属元素中の、各元素の価電子数の平均が、含有比率による平均で 7.5 ~ 9 の範囲内であることを特徴とする磁性合金。

### 【0013】

(2) 下記式から得られる規則度  $S$  が、0.5 ~ 1 の範囲内であることを特徴とする (1) に記載の磁性合金。

$$S = [ \{ F(002)^2 / F(001)^2 \} \times \{ L(002) / L(001) \} \times \{ A(002) / A(001) \} \times \{ I(001) / I(002) \} ]^{1/2}$$

式中の、F (面方位)、L (面方位)、A (面方位)、I (面方位) は、それぞれ各面方位における磁性合金の、構造因子、ローレンツ因子、吸収因子、X 線回折 ( $\theta/2\theta$ ) による積分強度を示す。

### 【0014】

(3) 磁気異方性定数  $K_u$  が、 $8 \times 10^5 \text{ J/K} \sim 2 \times 10^7 \text{ J/K}$  の範囲内であることを特徴とする (1) または (2) に記載の磁性合金。

### 【0015】

(4) 基板上に、軟磁性層、垂直磁性層、保護層を含む磁気記録媒体において、垂直磁性層が (1) ~ (3) の何れか 1 項に記載の磁性合金を含むことを特徴とする磁気記録媒体。

### 【0016】

(5) (4) に記載の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドを備えた磁気記録再生装置。

### 【0017】

#### 【発明の実施の形態】

本発明の磁性合金は、Pt を 40 at % ~ 60 at % の範囲内で含み、3d 遷移金属元素を 2 種類以上含み、3d 遷移金属元素の合計の含有量が 60 at % ~ 40 at % の範囲内であり、3d 遷移金属元素中の、各元素の含有比率による価

電子数の平均が、7.5～9の範囲内であることを特徴とする。

#### 【0018】

本発明により、Kuの大きな磁性合金が得られると共に、磁気記録媒体の垂直磁性層として用いた場合、軟磁性層との格子歪みを低減できる垂直磁性層を得ることが可能となる。

#### 【0019】

なお本発明の磁性合金では、Ptおよび3d遷移金属元素以外に、本発明の磁性合金に補助的な効果を加える、他の元素を添加しても良い。

#### 【0020】

本発明の磁性合金の3d遷移金属元素とは、具体的には、Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cuである。これらの3d遷移金属元素の価電子数は3d軌道の電子数と4s軌道の電子数と定義し、Crが6, Mnが7, Feが8, Coが9, Niが10, Cuが11となる。

#### 【0021】

本発明では、これらの3d遷移金属元素を2種類以上含むことを特徴とする。価電子数に着目し3d遷移金属元素比を変化させることにより格子定数を変化させエピタキシャル成長させる為の最適な格子長さを得ることができる。また、磁気記録媒体においては個々の磁性粒子を磁氣的に分離する為に磁性層に対し完全に固溶しない非磁性層を添加し、磁性粒粒界上に析出させている。この析出の効果は磁性合金の元素と非磁性元素との相互作用により決定され、本発明においてまた、3d遷移金属元素の合計の含有量は60at%～40at%の範囲内、より好ましくは55at%～45at%の範囲内とする。

#### 【0022】

3d遷移金属元素の合計の含有量が60at%より多いと、構造がL10からL22構造へと変化する為、それにより磁気異方性定数Kuは小さくなる。また、3d遷移金属元素の合計の含有量が40at%より少ないとPt量の増加に伴うKuの減少が起こる。

#### 【0023】

本発明の磁性合金は、3d遷移金属元素中の、各元素の含有比率による価電子



数の平均が、7.5～9の範囲内、より好ましくは7.8～8.5の範囲内とする。3d遷移金属元素中の、各元素の含有比率による価電子数の平均とは、例えば、Pt<sub>60</sub>Fe<sub>20</sub>Ni<sub>20</sub>合金（Pt 60 at%、Fe 20 at%、Ni 20 at%を含む合金を示す。以下、同じ。）では、合金中に3d遷移金属元素であるFeおよびNiを1:1で含むため、価電子数の平均は9となる。また、Pt<sub>60</sub>Fe<sub>20</sub>Co<sub>20</sub>合金では価電子数の平均は8.5となり、Pt<sub>60</sub>Fe<sub>30</sub>Co<sub>10</sub>合金では価電子数の平均は8.25となる。

## 【0024】

本発明において、磁性合金の3d遷移金属元素中の、各元素の含有比率による価電子数の平均が7.5より小さくなるもしくは、9より大きくなると大きなKuの値は得られない。

## 【0025】

本発明の磁性合金は、下記式(2)から得られる規則度Sを、0.5～1の範囲内、より好ましくは0.8～1の範囲内とする。規則度Sが0.5より小さくなると大きなKuの値は得られない。規則度以下のような手法で導出している。なお、規則度Sの上限は1である。

$$S = [ \{ F(002)^2 / F(001)^2 \} \times \{ L(002) / L(001) \} \times \{ A(002) / A(001) \} \times \{ I(001) / I(002) \} ]^{1/2} \quad \text{式(2)}$$

式(2)中の、F(面方位)、L(面方位)、A(面方位)、I(面方位)は、それぞれ各面方位における磁性合金の、構造因子、ローレンツ因子、吸収因子、X線回折( $\theta/2\theta$ )による積分強度を示す。ここで実際の計算に用いる原子散乱因子、ローレンツ因子、質量吸収係数 $\mu/\rho$ の値を表1に示す。これらの値は、X線源にCu-K $\alpha$ 線を用いて測定した。

## 【0026】

なお構造因子は、

$$F(001) = f((3d遷移金属元素)_{001}) - f(Pt_{001})$$

$$F(002) = f((3d \text{ 遷移金属元素})002) + f(\text{Pt}002)$$

で表され、 $f$  は原子散乱因子を示す。 $f((3d \text{ 遷移金属元素})001)$  および  $f((3d \text{ 遷移金属元素})002)$  は、磁性合金に含まれる  $3d$  遷移金属元素での原子散乱因子の平均値であり、例えば、 $\text{Fe}$  と  $\text{Co}$  を  $2:1$  で含む場合は、

$$f((3d \text{ 遷移金属元素})001) = \{f(\text{Fe}001) \times 2 + f(\text{Co}001) \times 1\} / 3$$

$$f((3d \text{ 遷移金属元素})002) = \{f(\text{Fe}002) \times 2 + f(\text{Co}002) \times 1\} / 3$$

で求める。

### 【0027】

$L(001)$ 、 $L(002)$  はローレンツ因子であり、

$$L(\text{面方位}) = (1 + \cos^2 \theta / \sin^2 \theta)$$

で表される。垂直記録媒体の際には容易軸方向を垂直方向に向ける必要がある。そのような媒体の  $\theta/2\theta$  測定における値として、このローレンツ因子を用いることが出来る。この値は元素によってほとんど変化しないため表1の値を用いる。

### 【0028】

$A(001)$ 、 $A(002)$  は吸収因子であり、

$$A(\text{面方位}) = 1 - \exp(-2\mu d / \sin \theta)$$

で表される。ここで  $\mu$  は線吸収係数であり、 $d$  は膜厚 (単位:  $\text{cm}$ ) である。

### 【0029】

合金の  $\mu$  値は表中の質量吸収係数  $\mu/\rho$  を使い、以下のように質量比を反映した値を用いる。

### 【0030】

$$\mu_{\text{合金}} = \rho_{\text{合金}} [w_1(\mu/\rho)_1 + w_2(\mu/\rho)_2 + \dots]$$

ここで  $\mu_{\text{合金}}$ 、 $\rho_{\text{合金}}$ 、 $w_1$ 、 $(\mu/\rho)_1$  はそれぞれ合金の線吸収係数、合金の密度、合金1の質量%、合金1の質量吸収係数である。合金系の違いによって生じる  $\theta$  値の変化が  $A$  値に及ぼす影響は小さいので、ここここでは  $\theta = 11.9^\circ$  を用いた。

### 【0031】

本発明の磁性合金は、磁気異方性定数  $K_u$  を、 $8 \times 10^5 \text{ J/K} \sim 2 \times 10^7 \text{ J/K}$  の範囲内とするのが好ましい。 $K_u$  をこの範囲内とすることにより、永久磁石材料として有望な磁性合金を提供できると共に、磁気記録媒体においても熱揺らぎ耐性を高めた磁性材料を提供できる。

#### 【0032】

$K_u$  の算出は以下の手順による。

- ①  $\text{MgO}$  単結晶基板（面方位（100））に、磁性膜を膜厚 50 nm（500 オングストローム）で成膜する。
- ② トルク磁力計を用いて、10 kOe（1Oe は約 79 A/m である。）、15 kOe、20 kOe、25 kOe、30 kOe の印加磁界でトルク曲線を測定し、その曲線をフーリエ級数展開して、 $\sin 2\alpha$ （ $\alpha$  は印加磁界の向きと磁化容易軸とのなす角）の成分を求める。
- ③ この値を印加磁界値の逆数でプロットし、無限磁界印可時の磁気トルクの値を求める為に、y 軸との切片の値  $L$  を求める。
- ④ 振動型磁力計（VSM）の磁化曲線から飽和磁束密度  $M_s$  を求める。
- ⑤  $K_u = 2\pi M_s^2 + L$  より導出する。

#### 【0033】

なお上記の算出法は、印加磁界が大きくなるほど、言い換えれば、磁化の向きが困難軸に向き、より正確な測定になるほど、 $L$  の値が大きくなる傾向があり、求めた  $K_u$  の値は、実際の値より小さいと予想される。

#### 【0034】

本発明の磁性合金は、基板上に、軟磁性層、垂直磁性層、保護層を含む磁気記録媒体において、垂直磁性層として用いるのが好ましい。垂直磁性層に本発明の磁性材料を用いることにより熱揺らぎ耐性を高めた磁気記録媒体を提供することができる。

#### 【0035】

本発明の磁性材料を用いた磁気記録媒体は、磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドと組み合わせて磁気記録再生装置とするのが好ましい。本発明の磁性材料を用いた磁気記録再生装置は、熱揺らぎ耐性が高く、また記録密度が飛躍

的に高い特性を有する。

【0036】

【実施例】

(実施例 1～5)

MgOの単結晶基板(面方位(100))表面に、電子線ビーム蒸着装置を用いて磁性膜を成膜した。基板温度は500℃、成膜厚は500オングストロームとした。

【0037】

成膜した磁性膜について磁気特性を測定した。Sの測定には $\theta/2\theta$ のX線回折を用い、Kuの導出には最大印加磁界30kOeの磁気トルク計を用いた。測定結果を表2に示す。

【0038】

(比較例 1～3)

実施例と同様の方法で純Co膜を成膜し、同様の方法で磁気特性を測定した。測定結果を表2に示す。

【0039】

【表1】

hkl	f(Pt <sub>hkl</sub> )	f(Cr <sub>hkl</sub> )	f(Mn <sub>hkl</sub> )	f(Fe <sub>hkl</sub> )	f(Co <sub>hkl</sub> )	f(Ni <sub>hkl</sub> )	f(Cu <sub>hkl</sub> )
001	71.0	20.1	20.2	22.3	23.3	24.2	24.8
002	61.3	15.5	15.6	17.8	18.6	19.5	19.6

hkl	L(hkl)
001	4.55
002	1.90

	A(CrPt <sub>hkl</sub> )	A(MnPt <sub>hkl</sub> )	A(FePt <sub>hkl</sub> )	A(CoPt <sub>hkl</sub> )	A(NiPt <sub>hkl</sub> )	A(CuPt <sub>hkl</sub> )
$\mu/\rho$	3.1E+03	3.3E+03	3.3E+03	3.5E+03	2.5E+03	2.4E+03

【0040】

【表 2】

	組成	価電子数	S	Ku(J/K)
実施例 1	Cr12Fe36Pt52	7.55	0.85	$2.1 \times 10^6$
実施例 2	Fe25Co30Pt45	8.55	0.65	$2.4 \times 10^6$
実施例 3	Fe38Co10Ni5Pt47	8.38	0.7	$3.8 \times 10^6$
実施例 4	Mn4Fe32Co10Cu4Pt50	8.36	0.88	$1.6 \times 10^6$
比較例 1	Ni50Pt50	10	0.7	0
比較例 2	Cr25Fe25Pt50	7	0.63	0
比較例 3	Co25Ni25Pt50	9.5	0.6	$3.0 \times 10^5$
実施例 5	Cr12Fe38Pt50	7.5	0.4	$3.2 \times 10^5$

【0041】

## 【発明の効果】

本発明の磁性材料を用いることにより、磁気特性の優れた永久磁石合金を提供できると共に、熱揺らぎ耐性が高く、また記録密度が飛躍的に高い磁気記録再生装置を提供可能となる。

## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】磁気異方性定数  $K_u$  の高い磁性材料を提供する。

【解決手段】Pt を 40 at % ~ 60 at % の範囲内で含み、3d 遷移金属元素を 2 種類以上含み、3d 遷移金属元素の合計の含有量が 60 at % ~ 40 at % の範囲内であり、3d 遷移金属元素中の、各元素の価電子数の平均が、含有比率による平均で 7.5 ~ 9 の範囲内である磁性合金とする。また、下記式から得られる規則度  $S$  を、0.5 ~ 1 の範囲内とする。

$$S = [ |F(002)|^2 / |F(001)|^2 \times |L(002)| / |L(001)| \times |A(002)| / |A(001)| \times |I(001)| / |I(002)| ]^{1/2}$$

式中の、 $F$  (面方位)、 $L$  (面方位)、 $A$  (面方位)、 $I$  (面方位) は、それぞれ各面方位における磁性合金の、構造因子、ローレンツ因子、吸収因子、X線回折 ( $\theta/2\theta$ ) による積分強度を示す。

【選択図】 なし

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-219084
受付番号	50201110242
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成14年 7月30日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】

平成14年 7月29日

次頁無

特願2002-219084

出願人履歴情報

識別番号

[592032636]

1. 変更年月日

1992年 2月10日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1

氏 名

学校法人トヨタ学園



特願 2002-219084

出願人履歴情報

識別番号

[000002004]

1. 変更年月日

1990年 8月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝大門1丁目13番9号

氏 名

昭和電工株式会社